

## DETERMINAREA RAPORTULUI CALDURILOR MOLARE

### Consideratii teoretice

Se numeste caldura molara cantitatea de caldura absorbita de un mol de substanta pentru a-si mari temperatura cu un grad. Dupa cum absorbtia de caldura la gaze are loc la volum constant sau la presiune constanta deosebim  $C_v$  si  $C_p$ :

$$C_v = \frac{dQ_v}{dT} \quad (1)$$

$$C_p = \frac{dQ_p}{dT} \quad (2)$$

Plecand de la principiul intai al termodinamicii :

$$dQ = dU + pdV = dH - Vdp \quad (3)$$

rezulta:

$$C_v = \frac{dU}{dT} \text{ iar } C_p = \frac{dH}{dT} \quad (4)$$

precum si relatia dintre ele:

$$C_p = \frac{dH}{dT} = \frac{d(U+pV)}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{d(RT)}{dT} = C_v + R \quad (5)$$

*relatia lui Robert Mayer.* In relatiile de mai sus U reprezinta energia interna, H entalpia, iar R constanta generala a gazelor perfecte.

Raportul  $C_p/C_v = \gamma$  se numeste **exponent adiabatic** fiindca intevine in legea transformarii adiabatice. Se numeste adiabatica o transformare in timpul careia gazul nu schimba caldura cu mediul, iar una din formele legii ei este:

$$p \cdot V^\gamma = \text{const.} \quad (6)$$

Valoarea exponentului adiabatic depinde de numarul gradelor de libertate ( $i$ ) ale gazului respectiv. In teoria cinetica a gazelor perfecte se arata ca:

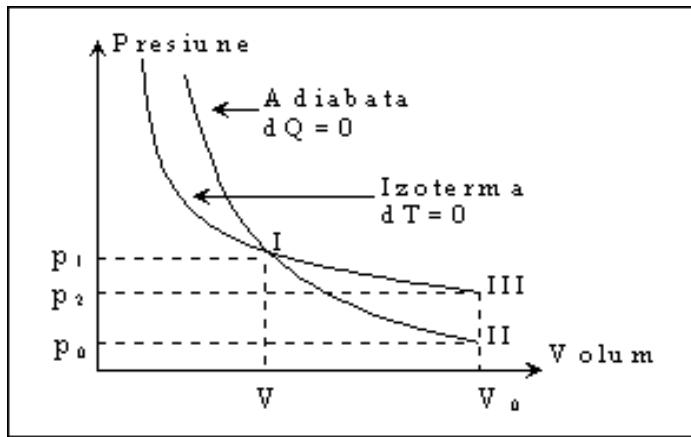
$$\gamma = (i+2)/i \quad (7)$$

Exponentul  $\gamma$  este o functie descrescatoare cu temperatura. In intervalul 0 - 2000°C, pentru gaze biatomice se poate folosi formula aproximativa:

$$\gamma = 1,4 - 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (8)$$

Cunoasterea exponentului adiabatic are importanta in studiul curgerii gazelor prin tuburi cu viteze sonice, atingerii vitezelor supersonice, calcului vitezei de propagare a sunetului prin gaze etc.

In lucrarea de fata se determina exponentul adiabatic folosind metoda Clement – Desormes. Se utilizeaza un vas de volum  $V_0$  ce comunica prin robinete cu exteriorul si cu o pompa. Presiunea din vas se masoara cu un manometru atasat.



**Figura 1.** Transformarile termodinamice suferite de gaz.

**1.** Se pompeaza gaz in balonul de volum  $V_o$ . Avem in vas masa "m" de gaz cu volum  $V_o$  si la stabilirea echilibrului termic cu exteriorul temperatura  $T_o$  si presiunea  $p_1$ :

$$p_1 = p_0 + h_1$$

unde  $p_0$  este presiunea atmosferica,  $h_1$  este diferența de nivel intre nivelele lichidului din ramurile manometrului, iar presiunile se masoara in cm coloana lichid. Gazul ce ne intereseaza, cu masa  $m_o < m$ , ar ocupa volumul  $V < V_o$  in aceleasi conditii de presiune si temperatura,  $p_1$  si  $T_o$ . Aceasta situatie corespunde **starii I** pe diagrama din figura 1.

**2.** Se destinde gazul adiabatic evacuand din balon gaz prin deschiderea urmata de reinchiderea rapida a robinetului de comunicare cu exteriorul, pana cand ajungem la presiunea atmosferica  $p_0$ . Acum avem in balonul cu volum  $V_o$  masa "m\_o" de gaz si temperatura  $T_{II}$  mai mica decat  $T_o$ , corespunzator **starii II** din figura 1.

**3.** La stabilirea echilibrului termic cu mediul gazul preia caldura la volum vonstant  $V_o$  si ajunge la temperatura  $T_o$  a mediului si presiunea  $p_2 > p_0$ , corespunzator **starii III** din figura 1:

$$p_2 = p_0 + h_2$$

unde  $h_2$  reprezinta noua diferența de nivel a lichidului manometric.

Transformarea din starea I in starea II fiind adiabatica se poate scrie:

$$(p_0 + h_1) \cdot V^{\gamma} = p_0 \cdot V_o^{\gamma} \quad (9)$$

Starile I si III se afla pe o izoterma temperatura fiind  $T_o$ , deci:

$$(p_0 + h_1) \cdot V = (p_0 + h_2) \cdot V_o \quad (10)$$

Ridicand relatiua (10) la puterea  $\gamma$  si impartind-o cu (9) se obtine :

$$\left(1 + \frac{h_1}{p_0}\right)^{\gamma-1} = \left(1 + \frac{h_2}{p_0}\right)^\gamma \quad (11)$$

Intrucat atat  $h_1/p_0$  cat si  $h_2/p_0 \ll 1$  putem dezvolta ambi membri in serie. Limitandu-ne la aproximatia de ordin intai avem:

$$1 + (\gamma - 1) \frac{h_1}{p_0} = 1 + \gamma \frac{h_2}{p_0}$$

de unde:

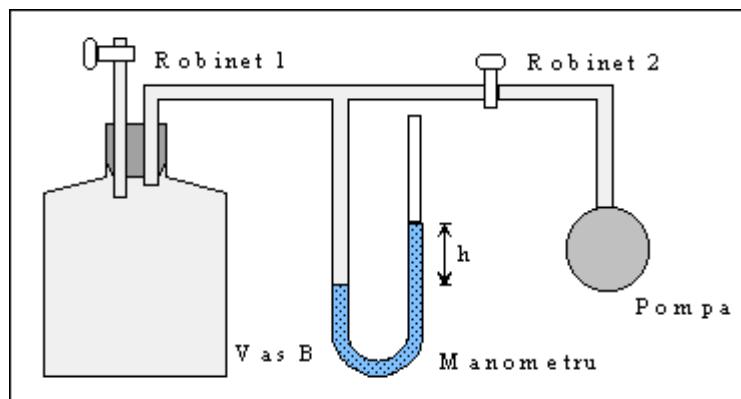
$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (12)$$

### Metoda experimentală

**Dispozitivul experimental** schitat in figura 2, se compune dintr-un balon B la care este atasat un manometru cu apa M. Balonul comunica prin robinetul R<sub>1</sub> cu exteriorul, iar prin robinetul R<sub>2</sub> cu pompa P.

#### Mod de lucru

1. Se inchide robinetul R<sub>1</sub>, se deschide R<sub>2</sub> si se pompeaza aer in balonul B pana cand diferența de nivel din manometru devine 10-20 cm.
2. Se inchide R<sub>2</sub> si se asteapta stabilirea echilibrului termic cu mediul.
3. Se citeste valoarea diferenței de nivel din manometru h<sub>1</sub> si se trece in tabel.
4. Se deschide rapid R<sub>1</sub>, pana cand presiunea gazului devine egala cu cea exterioara p<sub>0</sub>, apoi se inchide la loc. Se asteapta incalzirea gazului pana la temperatura mediului. La stabilirea echilibrului termic se citeste denivelarea h<sub>2</sub> din manometru si se trece in tabel.
5. Se repeta operatiile de cel putin 5 ori.



**Figura 2.** Dispozitivul experimental.

## Prelucrarea datelor experimentale

Cu relatia (12) se calculeaza exponentul adiabatic pentru fiecare experienta efectuata. Se calculeaza valoarea medie facand media aritmetica a valorilor obtinute. Luand  $\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h$ , relatia de calcul a erorii relative este:

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = \frac{(h_1 + h_2)\Delta h}{h_1(h_1 - h_2)} \quad (13)$$

Inmultind valoarea determinata, cu eroarea relativa se obtine eroarea absoluta  $\Delta\gamma$ . Rezultatele se trec in Tabelul 1.

Tabelul 1

$h_1$ (cm)	$h_2$ (cm)	$\gamma$	$\Delta h$ (cm)	$\Delta\gamma / \gamma$ (%)	$\Delta\gamma$	$\gamma_m \pm \Delta\gamma_m$